

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 3 2 0 2 9

(43) 公開日 平成 1 1 年 (1 9 9 9) 2 月 2 日

(51) Int. Cl.	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H04J 14/00			H04B 9/00	E
14/02			G02B 5/20	
G02B 5/20			H04B 9/00	Y
H04B 10/28				
10/26				

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平 1 0 - 1 4 7 6 8 2
(22) 出願日 平成 1 0 年 (1 9 9 8) 5 月 2 8 日
(31) 優先権主張番号 1 9 7 2 2 5 6 0 . 8
(32) 優先日 1 9 9 7 年 5 月 2 8 日
(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 3 9 1 0 3 0 3 3 2
アルカテル・アルストム・コンパニー・ジ
エネラル・デレクトリシテ
ALCATEL ALSTHOM COM
PAGNIE GENERALE D' E
LECTRICITE
フランス国、7 5 0 0 8 パリ、リュ・ラ
・ボエティ 5 4
(72) 発明者 トーマス・ブフアイフアー
ドイツ国、7 0 5 6 9 ・シュトウツガ
ルト、フロイデンシュテーター・シュトラ
ーセ・1 0
(74) 代理人 弁理士 川口 義雄 (外 1 名)

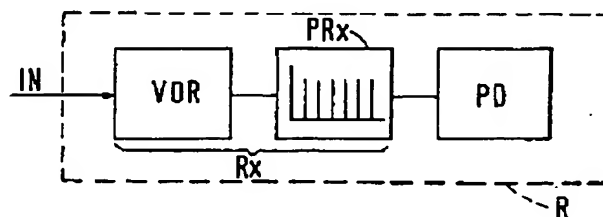
(54) 【発明の名称】 光通信システムのための受信機、フィルタ装置、および、そのようなシステムを操作する方法

(57) 【要約】

【課題】 周期スペクトル符号化に基づいた CDMA 方式を用いた非同期光送信システムにおける符号化された光信号を受信するための受信機 (R) が開示される。

【解決手段】 受信機 (R) は、光検出器ユニット (P D) のほかに、受信信号を復号化するためのフィルタ装置 (R x) を有する。フィルタ装置 (R x) は、周期フィルタ (P R x) とプレフィルタ (V O R) とを備え、プレフィルタ (V O R) の伝達関数は、信号の光周波数スペクトルのコサイン変換を同調曲線の予め定めることのできるレンジに制限する。これが、同調レンジにおける隣接するチャンネル間の漏話を抑制し、送信機の最大許容台数を増加させる。

Fig. 3



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光検出器ユニット（PD）と、前記光検出器ユニット（PD）の前段に接続され、周期伝達関数を有する周期フィルタ（PRx）を備えた光フィルタ装置（Rx）とを備えた、符号化された光信号を送送するための光通信システムのための受信機（R）であって、フィルタ装置（Rx）は、さらに、伝達関数を有するプレフィルタ（VOR）を備え、前記伝達関数によって、信号の光周波数スペクトルのコサイン変換が周期フィルタ（PRx）を同調させたときの総受信電力を示す同調曲線の予め定めることのできるレンジに制限されるように、信号の光周波数スペクトルを変化させることができることを特徴とする受信機（R）。

【請求項2】 周期フィルタ（PRx）とプレフィルタ（VOR）とが組み合わせられて単一フィルタ（Rx）にされた請求項1に記載の受信機（R）。

【請求項3】 プレフィルタ（VOR）が $(\sin(f)/f)^2$ に比例する伝達関数 $T(f)$ を有し、ここで、 f は光周波数である請求項1に記載の受信機（R）。

【請求項4】 信号の光周波数スペクトルが、プレフィルタ伝達関数によって、コサイン変換の包絡線が矩形関数または台形関数になるように変化させられる請求項1に記載の受信機（R）。

【請求項5】 単一フィルタ（Rx）が、プレフィルタ伝達関数が周波数に依存する部分的な反射コーティングによって実現されたファブリーペロ干渉計である請求項2に記載の受信機（R）。

【請求項6】 周期伝達関数を有する周期フィルタ（PRx）を備えた、符号化された光信号を送送する光通信システムに使用するための光フィルタ装置（Rx）であって、さらなるプレフィルタ（VOR）は伝達関数を有し、前記伝達関数によって、信号の光周波数スペクトルのコサイン変換が周期フィルタ（PRx）を同調させたときの総受信電力を示す同調曲線の予め定めることのできるレンジに制限されるように、信号の光周波数スペクトルを変化させることができることを特徴とする光フィルタ装置（Rx）。

【請求項7】 送信機（T）において送信機フィルタによって信号を符号化する段階と、受信機において、周期フィルタ（PRx）によってそれを復号化し、検出器ユニット（PD）によってそれを電気信号に変換する段階とを備えた、光通信システムにおいて符号化された光信号を送送するための方法であって、

変換に先立って、信号の光周波数スペクトルのコサイン変換が周期フィルタ（PRx）を同調させたときの総受信電力を示す同調曲線の予め定めることのできるレンジに制限されるように信号の光周波数スペクトルを変化させる伝達関数を有するプレフィルタ（VOR）によって

信号がフィルタリングされることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は、請求項1の前文に記載されるような光通信システムのための光受信機と、請求項6の前文に記載されるような光通信システムに使用される光フィルタ装置と、請求項7の前文に記載されるようなこの光通信システムを操作する方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】 1995年に英国のブライトンで開催された第13回の光ファイバ通信およびネットワークに関するヨーロッパ会議（Conference on European Fibre Optic Communications and Networks）の議事録の178～181頁に発表されたL. Møllerによる論文“周期的なスペクトラム符号化に基づく光CDMA方式（An Optical CDMA Method Based on Periodic Spectrum Encoding）”において、周期的なスペクトラム符号化に基づくCDMA（符号分割多重接続）方式を用いた非同期伝送システムが記述されている。このシステムにおいては、接続数を増加させるのに使用される符号語は、周期フィルタの異なった伝達関数によって実現される。この方法は、広帯域の光信号源に対して独特な周期スペクトルフィルタ技術を使用する。送信機および受信機のフィルタ伝達関数の周期性が一致した場合にのみ、受信機において、情報信号が受信および処理されることが可能である。

【0003】 上述の通信システムにおいては、同調レンジにおいてお互いに隣接するフィルタ伝達関数を備えた2つかまたはそれ以上の送信機が同時に送信しているときに漏話が発生する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 したがって、本発明の目的は、上述したような種類の通信システムのための光受信機を提供することであり、この受信機においては、同調レンジにおいてお互いに隣接する送信機間での漏話が抑制される。本発明のさらなる目的は、そのような光通信システムに使用するための光フィルタ装置を提供し、さらにまた、この光通信システムを操作するための方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 これらの目的は、請求項1、6、および、7に記載される特徴によってそれぞれ達成される。本発明のさらなる好都合な特徴が従属する請求項によって規定される。

【0006】 本発明は、漏話を起こすことなく同時にかつお互いに独立して送信することのできる送信機の数が従来技術によるシステムよりも多いという利点を有す

る。

【 0 0 0 7 】 もう 1 つの利点は、送信機および受信機のフィルタ伝達関数がそれぞれの公称伝達関数からはずれても、漏話が発生しないことである。

【 0 0 0 8 】 本発明は、添付の図面を参照すれば、以下の実施の形態の説明からより明確となるであろう。

【 0 0 0 9 】

【 発明の実施の形態 】 図 1 を参照すると、光通信ネットワーク N E T および光ファイバ O F によって相互接続された N 個の光送信機 T 1、T 2、・・・、T N と 1 つの光受信機 R とを備えた光通信システムが示される。この通信システムは、さらなる光受信機を備えてもよい。

【 0 0 1 0 】 この通信システムにおいては、光信号は符号化された形態で送信される。符号化は、送信されるべきメッセージによって変調された光信号をフィルタリングすることにより送信機でおこなわれる。これは、ファブリーペロ干渉計あるいはマッハツェンダー干渉計のような周期フィルタを用いてなされる。

【 0 0 1 1 】 受信機での復号化は、受信信号を類似するフィルタでフィルタリングすることによってなされる。受信機フィルタの出力において信号を得るためには、送信フィルタおよび受信フィルタの伝達関数の周期性が一致しなければならない。このことを達成するために、送信機および受信機のフィルタは偏光に依存しないものであれば都合が良い。

【 0 0 1 2 】 この構成においては、すべての送信機が、同じ周波数帯域において同時にかつ非同期に情報信号を送信することができ、そして、それらは、1 つかまたはそれ以上の受信機によって、お互いに独立してすべてが受信される。このように、この構成では、符号分割多元接続 (C D M A) の技術を使用し、特定の信号にアクセスするための符号は、送信機および受信機における周期フィルタの伝達関数から得られる。このことを実現するためには、個々の送信機は、それぞれが、他の送信機の符号に干渉しないように、異なった周期性を備えたフィ

ルタ伝達関数を使用しなければならない。以下においては、異なった周期性を備えたフィルタ伝達関数を有する異なった送信機の個々の情報信号はチャンネルと呼ばれる。

【 0 0 1 3 】 図 2 には、通信ネットワーク N E T を介して相互接続された送信機 T および受信機 R がより詳細に示される。送信機 T は、例えば、1 5 2 0 ~ 1 5 8 0 n m の波長スペクトルを有する発光ダイオードあるいは多モードレーザのような広帯域信号光源 L Q と、フィルタ T x とを含む。受信機は、例えば、光検出器あるいはフォトダイオードのような光検出器ユニット P D にその出力を結合されたフィルタ装置 R x を含む。

【 0 0 1 4 】 図 3 は、本発明による受信機 R の 1 つの実施の形態を示す。光ファイバによって通信ネットワークに接続することのできる光入力 I N にプレフィルタ V O R が接続される。プレフィルタ V O R の出力は、周期フィルタ P R x に結合される。プレフィルタ V O R および周期フィルタ P R x が一体となって受信機 R のフィルタ装置 R x を構成する。周期フィルタ P R x には光検出器ユニット P D が接続され、この光検出器ユニット P D は、周期フィルタ P R x からの出力信号を電気信号に変換する。

【 0 0 1 5 】 プレフィルタは伝達関数を有し、この伝達関数によって、信号の光周波数スペクトルは、そのコサイン変換が同調曲線の予め定められたレンジに制限されるように変化させられる。フィルタの伝達関数は、入力信号の周波数 f の関数として、フィルタの出力をその入力に関係づける式である。同調曲線は、周期受信機フィルタ P R x が送信機フィルタ T x (公称の伝達関数) に関して離調するときこの同調曲線に沿って信号の総受信電力が減少するような曲線である。

【 0 0 1 6 】 受信機における受信光電力は、

【 0 0 1 7 】

【 数 1 】

$$P_{Rx} = \int_0^{\infty} S(f) \cdot T_x(f) \cdot T_{Rx}(f) \cdot df \quad (1)$$

【 0 0 1 8 】 であり、ここで、T T x (f) は送信機フィルタの伝達関数であり、T R x (f) は受信機フィルタの伝達関数であり、また、S (f) は送信機における信号光源のスペクトル電力密度である。

$$T(f) \propto 1 + \cos(2\pi f \tau) \quad (2)$$

【 0 0 2 1 】 によって与えられる。

【 0 0 2 2 】 例えばファブリーペロ干渉計、マイケルソン干渉計、リオフィルタ (L y o t f i l t e r)、あるいは、アレイ導波路格子のような別の種類のフィルタが送信機フィルタとして使用されたとしても、フーリエ級数のような展開式からわかるように同様の関係が成り

【 0 0 1 9 】 マッハツェンダー干渉計に関しては、フィルタ伝達関数 T (f) は、

【 0 0 2 0 】

【 数 2 】

立つ。使用されるフィルタの種類に依存して、より高次の項が τ において発生し、それが、以下で説明する同調曲線からのわずかなずれをもたらす。

【 0 0 2 3 】 τ は、フィルタのラウンドトリップ時間 (r o u n d t r i p t i m e) を意味し、フリースペクトルレンジ (F S R) の逆数である。これは、フィ

ルタの特性を表し、異なる経路でフィルタを通過した2つの干渉波の走行時間差である。マッハツェンダー干渉計の場合には、このラウンドトリップ時間は、2つの干渉計アームの間での光の走行時間差である。ファブリーペロ干渉計の場合には、このラウンドトリップ時間は、干渉計の2つの鏡面の間の経路長の差、すなわち、反射されて鏡面の間の1/4の距離をもう一度通過する光の走行時間と直接に通過する光の走行時間との差である。

$$P_{Rx}(\tau) = \int_0^{\infty} S(f) \cdot T_{Tx}(f) \cdot \cos(2\pi f\tau) df \quad (3)$$

【0026】信号光源がガウススペクトル分布の場合のプレフィルタVORを使用しない同調曲線が図4に示される。横軸は、同調レンジ、すなわち、送信機フィルタに対しての周期受信機フィルタの離調を表しており、フィルタのラウンドトリップ時間の商 τ_{Rx}/τ_{Tx} として表現されている。縦軸は、光源の総電力に正規化された受信電力を表しており、一定のオフセットはすでに差し引かれている。この同調曲線の包絡線は緩やかにしかゼロに近づかないのに、同調曲線は明瞭で鋭い最大値および最小値を有する。関係式(3)から、ガウススペクトル分布の場合の包絡線は、やはり、ガウス曲線であることがわかる。

【0027】同調レンジにおいてそれらの伝達関数がお互いに隣接する2つかまたはそれ以上の送信機が同時に送信しているとき、それらの同調曲線が重なり合って漏話が発生する。このことが図5に示される。図5においては、3つの送信機がチャンネル $n-1$ 、 n 、および、 $n+1$ で送信しており、その結果として、3つのチャンネルに対する同調曲線が重なり合う。

【0028】プレフィルタを使用すれば、スペクトル分布のコサイン変換を同調レンジの予め定められたサブレンジに制限することによって、この同調曲線が重なり合うことを回避することができる。実施の形態においては、これは、 $(\sin(f)/f)^2$ に比例する伝達関数を備えたプレフィルタを使用することによって実現される。このような関数のコサイン変換は、三角形関数(triangular function)である。したがって、同調曲線の包絡線は三角形関数となる。第1の実施の形態の構成による同調曲線が図6に示される。同調曲線が、 $0.91 < \tau_{Rx}/\tau_{Tx} < 1.09$ の同調範囲からなる狭いサブレンジに制限されることがよくわかる。

【0029】図7は、図6の同調曲線に加えて、隣接するチャンネル $n-1$ および $n+1$ に対する同調曲線を示す。3つの同調曲線は重なり合わないことが容易にわかる。したがって、たとえ送信機フィルタおよび受信機フィルタがお互いに対して離調したとしても、漏話を回避することができる。

【0024】関係式(1)および(2)から、同調曲線、すなわち、これに沿って情報信号の総受信電力がラウンドトリップ時間 τ の関数として増加または減少する曲線は、一定のオフセット(この一定のオフセットはすでに差し引かれている)がなければ信号光源のスペクトル分布のコサイン変換であることがわかる。

【0025】

【数3】

【0030】実施の形態においては、同調曲線の三角形の包絡線は、受信機においてプレフィルタで受信信号をフィルタリングすることによって達成される。一様な周波数分布の場合には、プレフィルタは、 $(\sin(f)/f)^2$ に比例する伝達関数を有する。このプレフィルタ伝達関数が図8に示される。横軸は、受信信号のスペクトル周波数レンジをTHzで表しており、縦軸は、フィルタ伝送量、すなわち、入射した光信号におけるフィルタを透過した部分を表している。周期フィルタの伝達関数が、この伝送曲線の下側にプロットされ、それは、等距離帯域通過フィルタ(equidistant bandpass filter)によって実現される。

【0031】さらに、コサイン変換の包絡線が、例えば、矩形関数または台形関数のような、同調レンジの特定のサブレンジに制限された異なる関数となるように受信信号を変化させるプレフィルタを使用することも可能である。しかしながら、プレフィルタの効果は、受信信号のスペクトル分布に依存することに注意すべきである。実施の形態においては、このスペクトル分布はガウス形状を有する。なぜなら、頻繁に発生する信号波形は、少なくともほぼガウス分布であるからである。また、受信信号のスペクトル分布は、送信機の信号光源のスペクトル分布と必ずしも同一である必要はない。なぜなら、受信信号のスペクトル分布は、ネットワークの光増幅器、再生中継器、および、その他の部品によって通信ネットワークにおいて変化することがあるからである。

【0032】特に好ましい実施の形態においては、プレフィルタおよび周期フィルタは、単一フィルタとして組み合わせられる。これは、例えば、ファブリーペロ干渉計によって実現されてもよい。このような干渉計は、蒸着された誘電体被膜のような特別なコーティングによって部分的に反射するようになされた光学的に平坦かつ平行なガラス板から構成される。コーティングの厚さ、密度、および、材料を適切に選択することによって、周波数または波長に依存する反射を得ることができ、それによって、周波数に依存するプレフィルタ伝達関数が、周波数に依存する反射によって実現できる。これらのフィ

20

30

40

50

ルタを単一フィルタとして組み合わせることによるその他の可能性は、シリコン/シリカ、ニオブ酸リチウム、あるいは、リン化インジウムに基づいた光集積回路による方法からもたらされ、それによって、例えば、マッハツェンダー干渉計が実現されてもよい。単一フィルタは、ビーム経路に配置するのがより簡単であり、より低価格で製造することができ、占有するスペースがより狭い。

【0033】本発明による光通信ネットワークに使用するためのフィルタ装置は、プレフィルタおよび周期フィルタから構成される。それは、受信機に使用するのに適しているばかりでなく送信機に使用されてよい。そして、それは、受信信号を復号化するように動作するのではなく、送信されるべき信号を符号化しプレフィルタリングするように動作する。この使用法は、通信システムが少しの送信機しか備えていないのに受信機の数ばかり増えて多い場合、および、通信ネットワークが送信された信号のスペクトル分布に影響を与えないかまたはほんのわずかしかな影響を与えない場合に都合が良い。1つの好ましい応用形態は、例えば、ビデオ・オン・デマンド (VoD) またはデジタルビデオ放送 (DVB) のような広帯域のビデオサービスまたはテレビジョンサービスのための分配網 (distribution network) における利用である。このようなネットワークにおいては、プレフィルタは受信機にはなくてもよいので、受信機はより低価格で製造することができる。

【0034】本発明による送信方法は、例えば直接に変調された広帯域の光源によって生成された変調された光信号を周期送信機フィルタによって符号化することと、通信ネットワークを介して符号化された光信号を送信することと、受信機において、周期フィルタによってそれらを復号化し、そして、検出器ユニットによってそれらを電気信号に変換することとを含む。変換に先立って、好ましくは、復号化に先立って、受信信号は、上述したような伝達関数を有するプレフィルタによってフィルタリングされる。

【0035】

【発明の効果】この送信方法は、送信機をなにも変更することなく漏話を改善することができる点において独特の利点を有する。さらなる利点は、同調レンジにおいてより狭いチャンネルを割り当てることができることである。このことによって、送信機の最大使用可能台数を増加させるので、ネットワークにおける加入者の数を増加させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】複数の送信機と1つの受信機とを備えた光通信システムを示す図である。

【図2】1つの送信機と1つの受信機とを備えた光通信システムを示す図である。

【図3】本発明による受信機の実施の形態を示す図である。

【図4】プレフィルタがない場合の受信機フィルタを同調したときの受信電力を示す同調曲線である。

【図5】2つかまたはそれ以上の送信機が送信しているときに、プレフィルタがない場合の受信機フィルタを同調したときの受信電力を示す同調曲線である。

【図6】プレフィルタがある場合の受信機フィルタを同調したときの受信電力を示す同調曲線である。

【図7】2つかまたはそれ以上の送信機が送信しているときに、プレフィルタがある場合の受信機フィルタを同調したときの受信電力を示す同調曲線である。

【図8】プレフィルタの伝達関数を示す図である。

【符号の説明】

T1~TN 光送信機

OF 光ファイバ

NET 光通信ネットワーク

T 送信機

R 受信機

LQ 広帯域信号光源

Tx 送信機フィルタ

Rx フィルタ装置

PD 光検出器ユニット

VOR プレフィルタ

PRx 周期フィルタ

【図2】

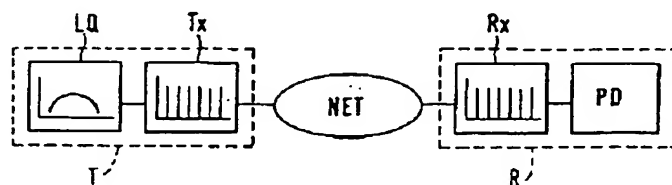
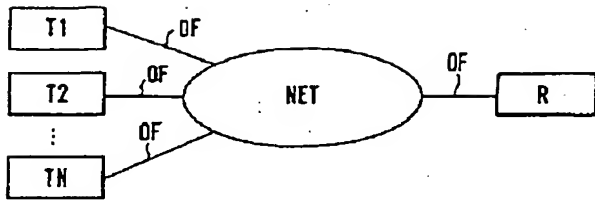


Fig.2

【図 1】

Fig. 1



【図 4】

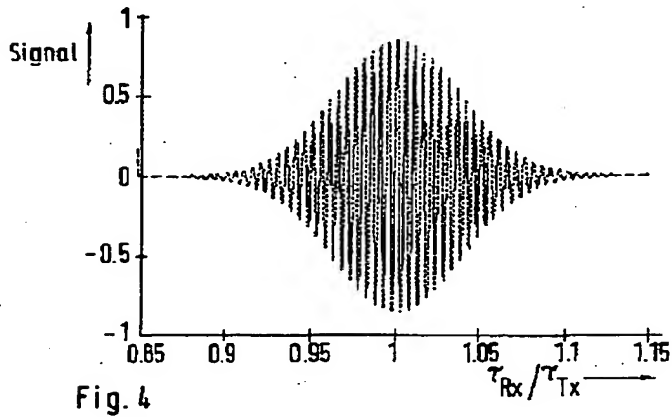
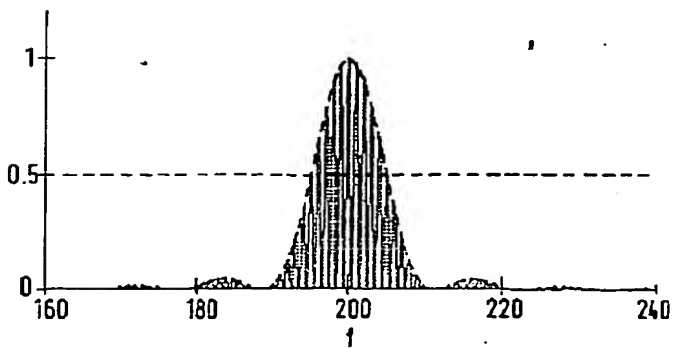


Fig. 4

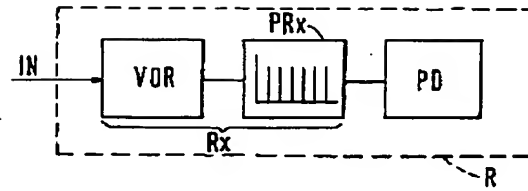
【図 8】

Fig. 8



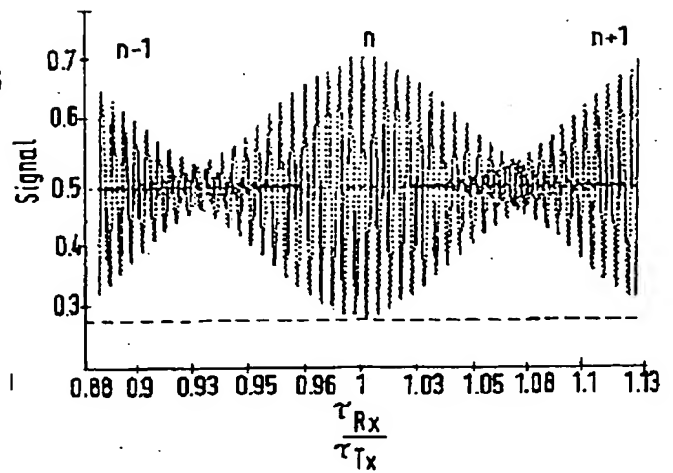
【図 3】

Fig. 3



【図 5】

Fig. 5

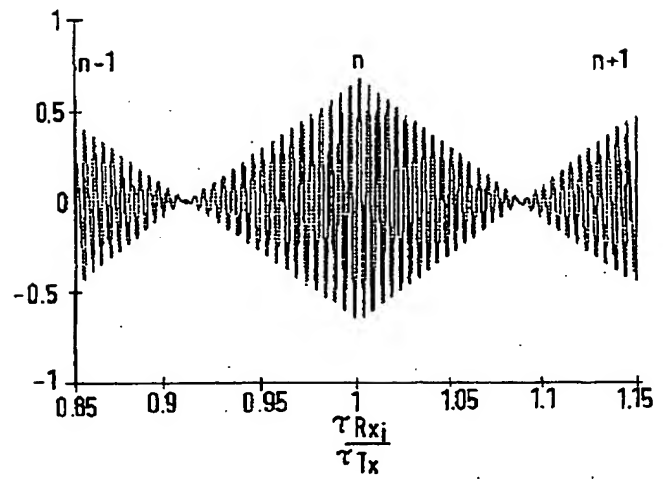
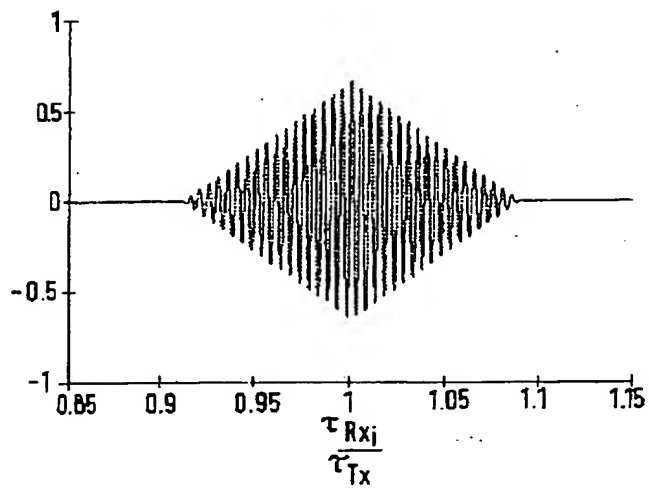


【図 6】

【図 7】

Fig. 6

Fig. 7



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

10/14

10/04

10/06

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所